# نشوء الحياة
# على كوكب الأرض

هيسم جادو أبو سعيد

الإشـــراف الطباعـي: أنس الحسن

إن كل المحاولات التي جهدت للإجابة على السؤال:

«ما هي الحياة؟!»

لم تستطع الوصول إلى إجابة شافية ونهائية، بل ظلت تدور في مساحة تتعلق بالتمييز بين الحي وغير الحي وبوظائف الحياة أو وَصْف طبيعتها وعملياتها، لهذا فقد ظلت تحومُ حول وصفِ الحياة دون أن تصل إلى جوهرها.

# محاولات للتفسير

قديماً لم يكن هناك تمييز بين الكائنات الحية وغير الحية، فقد اعتقد البدائيون أن الروح يمكنها الحلول في الجبل أو في الشجرة أو في الحيوان أو في شخص من بني البشر، ثم ظهر الاعتقاد أن في المخلوقات الحية شيئاً يميزها من المادة غير الحية، وهذا الشيء يفارق هذه المخلوقات عند الموت. وسمّي هذا الشيء في اليونان القديمة بالنفس التي يختص بها البشر، ثم سمّي بعد ذلك بالروح، وخاصة في الديانة المسيحية.

وبحلول عصر ديكارت والثورة العلمية خرجت الحيوانات والنباتات والجمادات من نطاق فكرة امتلاكها للروح، وسادت فكرة الروح التي يختص بها البشر وملازمتها للجسد في فترة الحياة، ثم مفارقتها له عند الموت لتذهب إلى مكان معيّن اختلفت الآَراء حوله باختلاف العقائد والأديان.

ومنذ القرنِ السادسَ عَشَرَ انقسم المفكرونَ إلى معسكرين، هما:

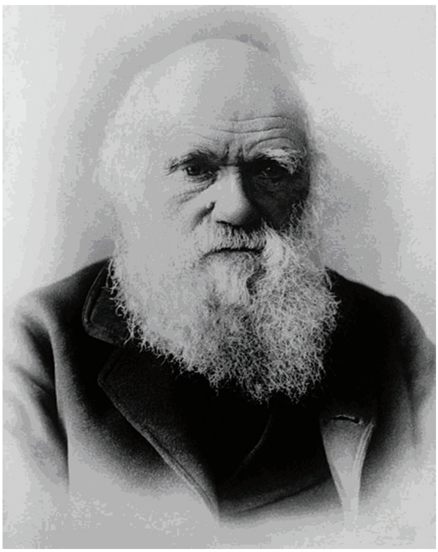
أ- **الآليون Mechanists** والذين سُمُّوا فيما بعد بالفيزيقيين Physicalists . وكانوا يرون أن المادة الحية لا تختلف من المادة غير الحية إطلاقاً في خضوعها لقوانين الفيزياء والكيمياء واعتبروا أن لا وجود لمكونات لها فيما وراء الطبيعة.

ب- **الحياتيون Vitalists** الذين كانوا يرون أن للكائنات الحية خصائصها التي تميزها من المادة الخاملة، ويرون أن النظريات والمفاهيم البيولوجية لا يمكن أن تكون خاضعة لقوانين الفيزياء والكيمياء.

ثم أتت الفلسفة التي سمّيت بالعضوانية Organicism، لتستوعب النظريتين السابقتين من خلال رأيها بأن الحياة على مستوى الجزيئات ممكنة التفسير وفقاً لقوانين الفيزياء والكيمياء، ولكنها أيضاً غير مماثلة إطلاقاً للمادة الخاملة، ولها العديد من الصفات المميزة غير العادية، بالأخص برنامجها الجيني.

وقد حاول الباحثون تعريف الحياة بطريقة شاملة، فأتت تعريفاتهم مختلفة بعضُها من بعض بما يتناسب مع رؤاهم واختصاصاتهم العلمية، فاقترح الفيزيائي

شرودنغر أن أنظمة الحياة تخالف نزوع الطبيعة إلى الفوضى (الإنتروبية entropy) وتميلٍ للتجمع الذاتي، بينما صاغ الكيميائي جويس تعريفاً للحياة يرٍى فيه أنها نظام كيٍميائي قادر على الاستمرار ذاتياً وعلى التطور وفقاً لنظرية التطور عند داروين، وعرَّفَ كورزينيوسكي الحياة بأنها شبكة من آليات التغذية الراجعة.



تشارلز دارون (صاحب نظرية التطور)

## عمالقة الحياة ثلاثة:

أوّلها هو الحمض النووي الريبي منقوص الأوكسجين Deoxyribonucleic Acid والذي يسمى اختصاراً DNA والذي تعتمد عليه الحياة على الأرض. وقد تم اكتشاف الـ (د. ن. ا) في الخمسينات من القرن العشرين من قبَلِ جيم واتسون وفرانسيس كريك اللذين كانا يعملان مَعاً في كامبريدج، وقد كانت روزاليند فرانكلين في لندن تحاول حل بنية الـ (د. ن. ا) على حدة، إلا أن وفاتها عام ١٩٥٨ بالسرطان حالت دون إكمالها عملها هذا.

مع أن تاريخ الـ (د. ن. ا) بدأ قبل ذاك التاريخ بفترة طويلة، فقد أشار عالم الطبيعة الألماني أرنست هكل عام ١٨٦٦ إلى أن نواة الخلية الحية قد تحمل عوامل الوراثة.

ثم اكتشف العالم فريدريك فيشر عام (١٨٦٩) مادة في النواة تختلف عن البروتينات التي كانت معروفة آنذاك، هي بمثابة خزان للفوسفور في الخلية، وقد سمّاها النوكليوتيد.

وقبل نهاية القرن التاسع عشر اكتُشفت الوحدات الرئيسية التي يتركب منها النوكليوتيد، ومَن ثم الحمض النووي DNA، وخاصة الأسس الأربعة :الأدينين والجوانين والثيامين والسيتوزين والتي سنتحدث عنها بعد قليل.

إلا أن علاقة هذه المركبات العضوية بعملية التوريث ظلت مبهمة، وظل الرأي الغالب يربط مهمة الوراثة بالبروتينات.

وفي عام (١٩٢٠) أثبت العالم الأمريكي توماس هنت مورغان أن الصبغيات التي تسكن الخلية هي حامل الجينات (المورثات).

وفي أواسط أربعينات القرن العشرين، وإثر جائحة وبائية هي التهاب الرئة، دبّت في الولايات المتحدة الأمريكية، استطاع فريق من العلماء، في مقدمتهم و.ت. أفري أن يخلصوا لأول مرة وخلال دراسة الميكروبات المسببة للوباء، إلى أنه يوجد في أصل الظاهرة الوراثية حامل للوراثة ليس في البروتينات.

وقد مُنِح كريك وواطسون وزميلهما وولكنز جائزة

نوبل سنة (١٩٦٢) من أجل اكتشافهم المتعلق بالبنية الجزيئية للحموض النووية وما تعنيه من نقل المعلومات في قلب المادة الحية.



جيم واتسون وفرانسيس كريك

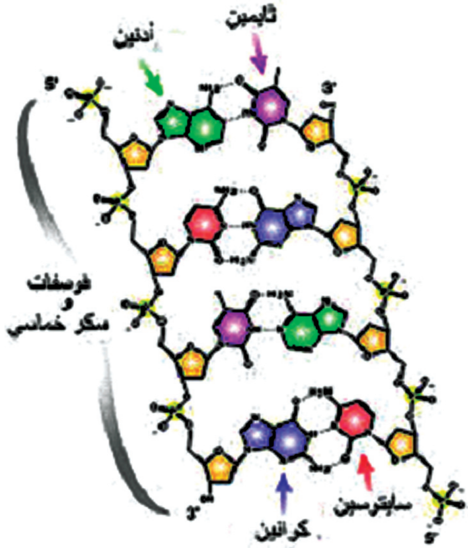
مكتشفا الـ (د.ن.آ)

يتكون كل جزيء من الـ (د. ن. ا) من حلزونين spirals ملتفين أحدهما حول الآخر ومرتبطين بآلاف من الروابط المتصالبة cross-links ، وهي أزواج من الجزيئات التي تقع بين الحلزونين، حيث يسمى كل

جـزيء في إحـدى السلسلتين نوكليوتيداً، وتمتلك النوكليوتيدات nucleotides مكونات رئيسية ثلاثة، هي السكر والفوسفات وأساس نووي، ويتوافق كل نوكليوتيد مع نوكليوتيد واحد فقط في السلسلة المقابلة، حيث لا يقترن النوكليوتيد الحاوي على الأساس النووي nucleobase الأدينين Adenine الذي يُرمَز له بالحرف A إلا بالثيمين Thymine الذي يرمز له بالحرف T، بينما لا يقترن الجوانين Guanine الذي يرمز له بالحرف G إلا بالسيتوزين Cytosine الذي يرمز له بالحرف C، ويحدّد تسلسل هذه النوكليوتيدات في الـ (د.ن.ا) صفات الكائن الحي.



صورة مبسطة لحلزونَيّ الـ (د.ن.آ) وروابطهما




التركيب الكيميائي للـ (د.ن.ا)

عند تكاثر الخلية ينفصل زوجا الحلزونات المكونان لجزيء الـ (د.ن.ا)، ويقوم كل حلزون بإعادة تكوين الحلزون المفقود باستخدام المواد الخام الطافية في الخلية، فيتشكل جزيئان من الـ (د.ن.ا) متطابقان، وهو ما يسمى بالنسخ أو التنسّخ، حيث تنتج نسخ جديدة من الخلية الأصل.

ولكن يحدث أحياناً خلال عملية نسخ الـ (د. ن. ا) أن تقع تغيراتٌ صغيرة في ترتيب النوكليوتيدات، إما بشكل عشوائي أو بسبب تأثيرات خارجية كالنشاط الإشعاعي أو المواد الكيميائية السامة، فينتج جزيء جديد يختلف بصورة طفيفة عن الجزيء الأصلي، وهذا ما يسمى بالطفرة. وللطفرة أنواع من حيث تأثيرها:

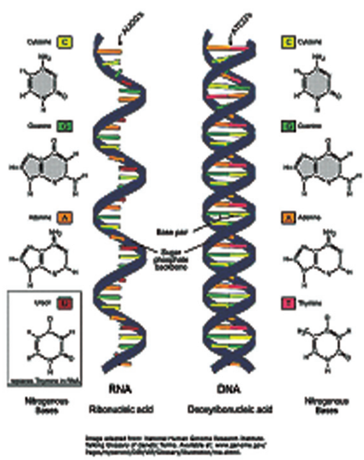
١- فقد تكون الطفرة غير مؤثرة، وهي كذلك في أغلب الأحيان.

٢- وقد تكون ضارة بالكائن الحي من حيث قدرته على الاستمرار حيّاً أو من حيث قدرته على التكاثر، لذلك فهي تختفي.

٣- وقد تكون مفيدة للكائن الحي في نشاطاته الساعية للبقاء على قيد الحياة أو في تكاثره، ومع توالي الطفرات المفيدة القابلة للانتقال من جيل إلى جيل لاحق يحدث التطور لإنتاج أنواع جديدة من الكائنات الحية. وهذه العملية من اختفاء الطفرات الضارة واستمرار الطفرات المفيدة تدعى بالانتقاء أو الانتخاب الطبيعي.

إن كل متوالية من ثلاثة نوكليوتيدات في جزيء الـ (د. ن. ا) تحدّد حمضاً أمينياً محدداً من أصل /٢٠/ حمضاً تستخدمها الحياة الأرضية، وكما في اللغة عندما يتغير مدلول كلماتنا بتغيير الأحرف أو بتبديل مواضعها، تتغير كذلك لغة المورثات، فتختلف GTG عن ATC عن غيرها، مما يؤدي إلى اختلاف أنماط البروتينات التي تقابل كل (كود)، وقد يكون لبروتين واحد أكثر من (كود).

وبآلية مشابهة لآلية التنسخ (التضاعف) من أجل التكاثر يتم إنتاج جزيئات تدعى RNA وهو اختصار لاسم الحمض النووي الريبي Ribonucleic Acid، وهو ثاني عمالقة الحياة.



مقارنة بين DNAوRNA

ويوجد الـ (ر. ن. ا) بصورة شريط مفرد single strand، ويُستبدَل فيه جزيء الثيمين T المستخدم في الـ DNA بجزيء يدعى اليوراسيل Uracil ويرمَز له U، وبدلاً من السكر الخماسي دي أوكسي ريبوز في الـ (ر. ن. ا) يوجد في الـ (ر. ن. ا) الريبوز. ويقوم جزيء الـ (ر. ن. ا) عبر أشكاله المختلفة ( المرسال messenger الذي يرمز له m-RNA، والناقل transfer الذي يرمز له t-RNA، والريبوزومي rebosomal الذي يرمز له r-RNA) يقوم بالعديد من الوظائف الهامة داخل الخلايا الحية، ومنها حمل الرسائل الجينية المتضمنة في الـ (د. ن. ا) إلى المناطق التي تُجمَع فيها البروتينات التي تمثّل ثالث عمالقة الحياة.

والبروتينات هي التي تقوم – بتوجيه ومشاركة من الحموض النووية – بتنظيم عملية النمو وتشكيل الأساس البنيوي للعضلات والنسج الحية الأخرى، كما تسهم في توارث الصفات.

وتلعب الأنزيمات دور الحافزات الحيوية التي تتحكم في توجيه وتنظيم التفاعلات الكيميائية في الخلايا الحية، وتشكّل القوام الرئيس الفاعل في الدم.

وبذلك تكتمل الجزيئات العملاقة اللازمة للحياة الأرضية وهي الـ DNA والـ RNA والبروتينات.

ويرى بعض العلماء أن الـ (ر. ن. ا) كانت له أسبقية ومركزية في نشوء الحياة حيث سبق ظهوره ظهور الـ (د. ن. ا) والبروتين، بسبب حمله لتتابع الأسس الجينية للكائن الحي وقدراته التحفيزية في التفاعلات؛ إضافة إلى أدلة تجريبية. ولكن درجة الثبات الكيميائي الضعيفة للـ (ر. ن. ا) لن تسمح غالباً ببقائها من دون حماية لفترة كافية تضمن لها دوراً مركزياً في التطور الكيميائي للحياة، لهذا يرى بعض العلماء أن جزيء الـ (ب. ن. ا)، وهو جزيء اكتُشف مؤخراً ترتبط فيه أسس نووية بهيكل أساسي شبيهَ بالبروتين يملك درجة عالية من الثبات والبساطة في التركيب الكيميائي، ويملك القدرة على حمل المعلومات الوراثية، يُعتبر مؤهَّلاً ليكون الجزيء السابق الـ (ر. ن. ا) .

وتتميز الكائنات الحية المتعضية بعدد من القدرات التي لا وجود لها في الأنظمة غير الحية، منها :

١- القدرة على التطور باستمرار الكائنات التي تحمل الطفرات المفيدة وزوال ما سواها .

٢- القدرة على النسخ الذاتي.

٣- القدرة على النمو والتمايز على أساس برنامج جيني.

٤- القدرة على استمداد الطاقة من المحيط وإطلاقها.

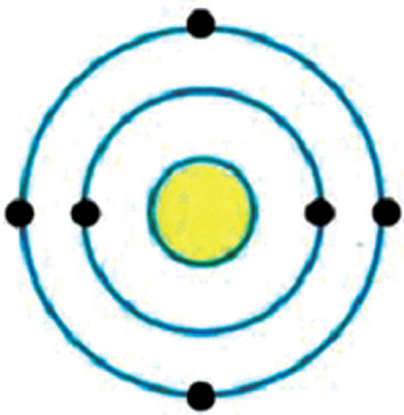
٥- القدرة على التنظيم الذاتي للمحافظة على التوازن مع المحيط.

٦- القدرة على التجاوب مع المؤثرات الصادرة عن المحيط.

وهكذا يرى العلماء أن الحياة على الأرض لا تحتوي إلا على نمط واحد منها، أي إنها تعتمد على أنواع التفاعلات الكيميائية نفسها بين الأنواع نفسها من الجزيئات، مع وجود بعض الافتراضات المختلفة كما سنشير بعد قليل.

## الأساس المادي للحياة

ترتكز الحياة التي نراها من حولنا على ذرات الكربون C الذي يعدّ عنصراً مناسباً بصورة خاصة للقيام بدور لبنة بناء الحياة، حيث لا يُعرَف أي عنصر آخر يستطيع مثله أن يشكّل عدداً لا يحصى من الجزيئات المعقدة الثابتة الضرورية للحياة في الشكل الذي نعرفه.



ذرة الكربون وتوزّع إلكتروناتها الستة حولها

تحوي ذرة الكربون على ستة إلكترونات تتوزع على طبقتين إلكترونيتين، حيث يتوضع إلكترونان على الطبقة

الأولى فتكتمل بذلك إلكتروناتها وتتوضع الإلكترونات الأربعة الباقية على الطبقة الثانية، مما يجعلها بحاجة إلى أربعة إلكترونات حتى تصل إلى حالة الاستقرار، لذلك ترتبط ذرة الكربون بروابط تشاركية مع غيرها من الذرات، حيث تتشارك معها بالإلكترونات، حتى تصل طبقتها الإلكترونية الثانية إلى حالة الاستقرار باحتوائها على ثمانية الكترونات، وقد تكون الروابط التشاركية في مركبات الكربون مشبعة (أحادية) أو غير مشبعة (ثنائية أو ثلاثية).

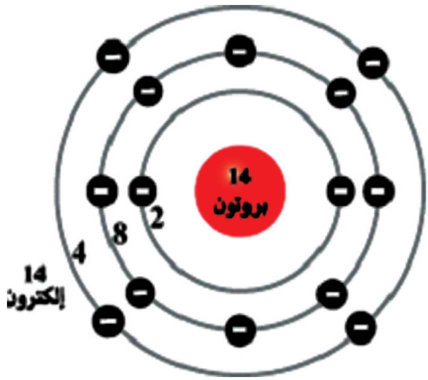
وترتبط ذرات الكربون بالهيدروجين H والأوكسجين O والنيتروجين N بالإضافة إلى الفوسفور P والكبريت S.

## ألا يمكن أن ترتكز الحياة على مواد أخرى؟!

صحيح أن ذرة الكربون هي الأكثر قدرة على الترابط مع غيرها لإنتاج الجزيئات العضوية، وصحيح أن الماء هو أكثر الجزيئات الكونية وجوداً في الحالة السائلة، ولهذا تعتبر محاليل مركبات الكربون في الماء هي الأساس المادي للحياة على الأرض، ولكن قد توجد في مكان آخر في الكون حياة أساسها مواد أخرى. فقد تُستعمَل الأمونيا السائلة في درجات الحرارة الدنيا مذيباً بدلاً من الماء، رغم أنها ليست في جودة الماء مذيباً. وكذلك يستطيع السليكون المتميز بالوفرة على سطح الأرض أن يشكل تراكيب واسعة الانتشار عند ارتباطه بالأوكسجين على صورة سليكات، ويكون العديد من هذه التراكيب على هيئة رقائق والقليل منها في شكل خطي.

ويعتقد بعض العلماء بإمكان البحث على الأرض عن آثار كائنات ميكروية غريبة، تختلف في كيميائيتها البيولوجية عن الكائنات المعروفة، ربما تكوّنت في إحدى

دورات تكوُّنِ الحياة على الأرض وفنائها، بل ومنهم من يحاول البحث عن كائنات منها ما زالت موجودة حتى الآن.




البناء الذري للسيليكون

# نظريات نشوء الحياة

تعددت النظريات التي حاولت تفسير نشوء الحياة على الأرض، وسنتعرض باختصار إلى أهم هذه النظريات التي يقدّم كلٌّ منها تصوّراً مختلفاً لنشوء الحياة على الأرض، وتقدم معه مجموعة من الحجج التي تدعم تصورها. والنظريات التي سنقدمها هي:

١-النظريات التي تعتبر أن الحياة نشأت على الأرض، وهي: نظرية الحساء البدئي (العضوي)، ونظرية عالم الطين، ونظرية فوهات البحار العميقة بنوعيها: المدخنات السود والحقل المائي الحراري للمدينة المفقودة.

٢-والنظريات التي تعتبر أن الحياة نشأت بعيداً عن الأرض، وهي:

أ-نظرية التبزّر الشامل التي ترى أن الحياة نشأت بعيداً عن الأرض وانتقلت إليها.

ب-والنظرية التي ترى أن المواد الأولية اللازمة

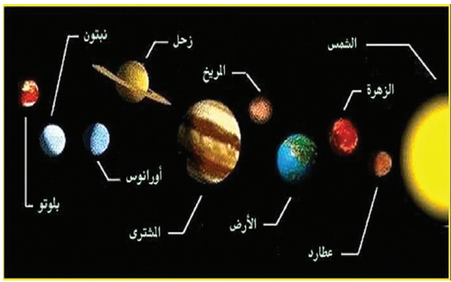
لنشوء الحياة هي التي قُذِفَت إلى الأرض من خارجها، وتنضوي تحتها نظرية الجَليد اللابللوري التي تحاول تفسير مصدر هذه المواد الأولية.

ج- وأخيراً نظرية البذور الكونية الموجهة.

## ١- على الأرض

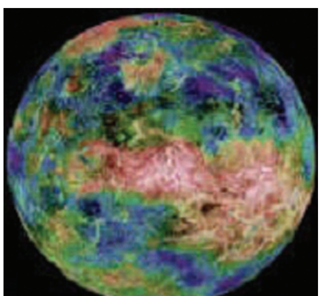
الأرض هي ثالث كواكب المجموعة الشمسية بُعداً عن الشمس بعد كوكبي عطارد والزهرة، حيث تبعد عن الشمس ١٤٩،٦ مليون كيلو متر بشكل متوسط، وتبلغ كتلتها ٦،٤ × $١٠^{٢٣}$ كغ. وتقع الأرض ضمن المجموعة الشمسية في المنطقة الأكثر صلاحية لوجود الحياة فيها. فضمن نظام كوكبي مفترض مثل مجموعتنا الشمسية، توجد منطقة تكون الكواكب فيها أكثر صلاحية لوجود الحياة من غيرها، ويطلق عليها العلماء اسم المنطقة حول النجمية الصالحة للحياة فيها circumstellar habitable zone والتي تسمى اختصاراً CHZ. وتعرّف هذه المنطقة بأنها المنطقة المحيطة بنجم، حيث يمكن أن يستمر وجود ماء سائل على سطح كوكب شبيه بالأرض مدة تصل إلى بضعة بلايين من السنين على

الأقل. وهذه المنطقة لها شكل حلقي، وفي مجموعتنا الشمسية مثلاً تضم هذه الحلقة كواكب الزهرة والأرض والمريخ، حيث تكون حدود هذه المنطقة الداخلية هي الأقرب إلى كوكب يمكن أن يدور حول نجمه العائل، والنجم العائل في مجموعتنا الشمسية هو الشمس، من دون أن يفقد محيطاته في الفضاء.




كواكب المجموعة الشمسية

وفي حالات متطرفة يمكن لهذه المحيطات أن تغلي وتتبخر كما حدث على كوكب الزهرة بسبب مفعول الدفيئة.



كوكب الزهرة

أما الحدود الخارجية للمنطقة الصالحة للحياة فهي أبعد البقاع التي يمكن أن يجول فيها كوكب قبل أن تتجمد محيطاته.

وهناك كثيرٌ من العوامل الأخرى، غيرَ القرب من النجم والبعد عنه، يمكن أن تسهم في صلاحية الكوكب للحياة، منها ما يتعلق بالكوكب نفسه ومنها ما يتعلق بالنجم المعيل.

فمن العوامل المتعلقة بالكوكب إهليلجية مداره ورفقة تابع (قمر) كبير له، وسرعة دورانه حول محوره وميل محوره على مستويه مع نجمه ووجود كواكب عملاقة، إضافة إلى تفاصيل تتعلق ببيولوجيته، وكذلك حجم الكوكب وكتلته ومقدار الطاقة الذي يعكسه سطح الكوكب ومقدار الطاقة الذي تعكسه السحب على الكوكب. ولكن يبقى وقوع الكوكب ضمن المنطقة الصالحة للحياة أكثر أهمية، فإذا كان كوكب ما يدور خارج تلك المنطقة، فمن المحتمل أن لا يكون لأي من الظروف المذكورة سابقاً أهمية تذكر.

أما العوامل المتعلقة بالنجم المعيل، فتتعلق بسرعة

استهلاكه لوقوده النووي التي تتوقف كثيراً على كتلته. حيث يستهلك النجم ذو الكتلة الكبيرة وقوده بسرعة أكبر، فتصبح الفترة التي يستمر فيها النجم في إطلاق حرارته وضوئه فترة قصيرة، قد لا تتجاوز عشرة ملايين سنة، وهي فترة قصيرة لا تسمح بتطور الحياة على الكواكب القريبة لأية درجة محسوسة. أما النجوم ذوات الكتل الأقل كثيراً من كتلة شمسنا فهي تشع طاقة أقل، مما يجعل من الضروري أن يكون الكوكب قريباً منها بشكل أكبر، وذلك يفرضُ صعوبات أخرى أمام تكوّن ظروف مناسبة على الكوكب لنشوء الحياة، رغم عدم استحالتها ضمن مدى محدود من المسافات.

# الأرض قبل الحياة

لم تكن الأرض في بداية نشأتها على صورتها التي نعرفها حالياً والمؤلفة من قارات وبحار مميزة ومحددة نسبياً. فقد ظلت الأرض تلفظ بصورة مستمرة حمماً بركانية عبر بحارها نحو الأعلى، مما أدى إلى تدمير سلاسل جبال منتصف المحيطات mid-ocean ridges نتيجة لانخساف القشرة الأرضية المستبطنة لها، والتي لم تكن قد تصلبت بعد إلى الدرجة التي نعرفها اليوم.

ومن خارج الأرض، كانت كتل الحطام الكوني cosmic debris تصطدم بالأرض في فترات متقاربة تصل إلى بضعة قرون، كان حجم الواحدة منها يصل إلى حجم الجبل، إضافة إلى كتل أكبر بكثير كانت تصطدم بالأرض مرات عديدة كل مليون سنة. ومع الزمن استُهلك أغلب الحطام الموجود في الفضاء بين الكواكب نتيجة اصطدام كتله بالكواكب، فأصبحت الاصطدامات تقل وتتباعد. وقد تعرض الغلاف الجوي للأرض البدئية إلى تغيرات معتبرة بسبب الأجسام الصادمة تلك، ثم انتهت حقبة الارتطامات الشديدة منذ مدة تتراوح بين ٣،٨ و ٤ بلايين سنة.

وقد تعرض الغلاف الجوي للأرض البدئية إلى كثيرٍ من التغيرات بسبب الأجسامِ الصادمة، فربما دفعتْ أكبر الارتطامات جزءاً معتبراً من الغلاف الجوي الذي كان لا يزال موجوداً وقتها إلى الفضاء بين الكواكب، وربما جلبت النيازك التي ارتطمت بالأرض إمدادات جديدة من المركّبات الخفيفة نسبياً، مثل الجليد وثاني أكسيد الكربون المتجمد.

ومع اقتراب انتهاء أول ٧٠٠ مليون سنة من عمر النظام الشمسي، انتهت حقبة الارتطامات العنيفة intense bombardment لأن جزءاً من الحطام المتبقي من تكوّن النظام الشمسي استُهلك بسبب هذه الارتطامات، والجزء الآخر اتخذ له مَدارات orbits ثابتة لا تتقاطع مع مسار دوران الكوكب حول الشمس، وخلال فترة الـ ٨،٣ بلايين سنة التالية، أصبحت الارتطامات أمراً نادر الحدوث، رغم وقوع بعضها أحياناً، مثل ذلك الارتطام الذي فتك بالديناصورات قبل ٦٥ مليون سنة، كما يرى بعض العلماء.

وهذه الارتطامات كانَ لها دور في تطور الحياة على الأرض، من خلال خلق بيئات جديدة، لم تكن مناسبة

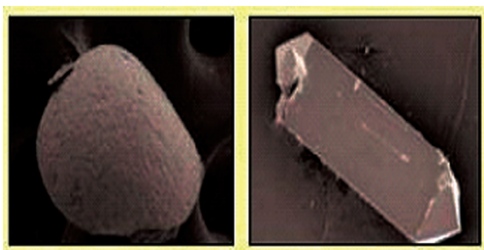
لأنواع من الأحياء، مما أدى إلى انقراضها، ومناسبةً لغيرها من الكائنات التي بقيت على قيد الحياة بعد تلك الارتطامات، مما أدى إلى استمرارها وتطورها.



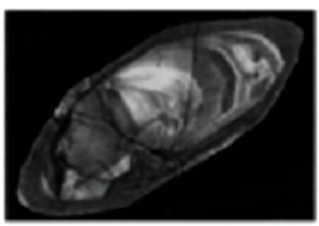
ارتطام نيزك بالأرض أدى إلى انقراض الديناصورات

ويرى بعض العلماء أن الأرض قد تبرّدت في زمن أبكر مما هو مقدَّر حالياً، فقد تم في عقد الثمانينات من القرن العشرين، اكتشاف بلورات زركون منفردة قدّمت معلومات جديدة عن الأرض الفتية. حيث اعتُبرت هذه البلورات من الزركون التي اكتُشفت في جاكَ هيلز Jack Hills وماونت ناريار Mount Narryer

بغرب أستراليا أقدم المواد الأرضية المعروفة آنذاك، فقد قُدِّر عمرُها بنحو ٤،٣ بليون سنة، مما يشير إلى أن الأرض بردت في زمن أبكر بكثير، ربما قبل ٤،٤ بليون سنة، لأنَّ بعض هذه البلورات يحمل تراكيب كيميائية موروثة من المناطق الرطبة الباردة اللازمة لنشوء الحياة، وهذا التبرد المبكر لسطح الأرض ربما سمح بتشكُّلِ المحيطات وطلائع القاراتٍ، وبزوغ الحياة في وقت أبكرَ بكثير مما كان معتقداً وشائعاً.



بلورات زركون جاك هيلز



بلورات زركون صغيرة من غرب أستراليا

# نشوء الحياة على الأرض

إذا كانت الحياة في حاجة فقط إلى بضع عشرات الملايين من السنين للنشوءٍ تحت الظروف الملائمة، وهي فترة زمنية قصيرة نسبياً، فإن هذا يستدعي الاعتقاد بأن الحياة نشأت مرات عديدة وليس مرة واحدة، ليتم تدميرها عندما يرتطم بالأرض جسم هائل الحجم، وذلك في ظل الظروف العنيفة والمتقلبة التي سادت على الأرض البدئية.

لهذا فإن فترة ٧٠٠ مليون سنة الأولى على الأرض البدئية ربما تضمنت العشرات من تلك الفترات الزمنية، وبالتالي العشرات من المرات التي نشأت فيها الحياة ثم دُمِّرت.

وحتى الآن لم يتوصل العلماء إلى إجابة نهائية حول إذا ما كانت الحياة قد نشأت في المحيطات العميقة، أم على الحدود الواقعة بين المياه والأرض، أم في بيئات غيرها. والآراء تختلف لديهم حول أفضل الأماكن صلاحية لنشوء الحياة. فقد تخيل تشارلز دارون

Darwin أن الحياة نشأت في «بركة دافئة صغيرة»، أما نورمان بيس Pace فيرى أن كل «بقعة ساخنة hot spot» في قاع المحيط ربما كانت هي الموضع الأوَّل الذي نشأت فيه الحياة.

وسنعرض فيما يلي أهم النظريات المتعلقة بنشوء الحياة على الأرض:

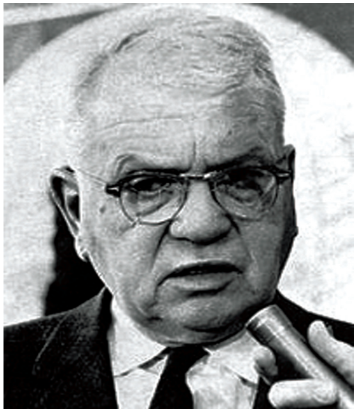
**١- نظرية الحساء البدئي (العضوي):**

وقد اقترحها العالم السوفياتي أبارين عام ١٩٢٩م، ووفقاً لهذه النظرية كان جو الأرض خالياً من الأكسجين، وكان يحتوي بغزارة على جزيئات من الغازات المختزلة (المرجعة)، مثل الآزوت والهيدروجين والمواد العضوية البسيطة مثل الميثان $CH_٤$ والسيان CN والأمونيا $NH_٣$. ومع تبرّد الأرض وفي ظروف الحرارة التي كانت لا تزال عالية، وبتأثير الطاقة الوفيرة الصادرة عن العواصف الكهربائية، والأشعة فوق البنفسجية، استطاعت تلك المواد بطريقة عفوية أن تولّد أولى الحموض الأمينية، وهي بمثابة أحجار البناء للكائن الحي.

وقد دُعمت هذه النظرية بإنجاز تجريبي هامٍّ عام ١٩٥٣م قامَ به العالمان الأمريكيان ستانلي ميلر وهارولد يوري من جامعة شيكاغو، حيث قاما بإعداد ظروف مخبرية تحاكي ظروف الأرض في مرحلتها المبكرة، ضمن دورق يحوي مزيجاً ساخناً من الهيدروجين وبخار الماء والميثان والأمونيا، ثم عرّضا مزيجهما لتفريغات كهربائية (شرارات sparks)، فتولد خلال أيام قليلة طيف من المركبات العضوية، معظمها يحوي الكربون والهيدروجين واشتملت على حموض أمينية عدة مثل الجليتسين والألانين وغيرها تمثّل الوحدات الأساسية المؤلِّفة للبروتينات المستخدَمة لدى جميع الأحياء على الأرض.



ستانلي ميلر



هارولد يوري

ووفقاً لهذه النظرية، فقد ذابت تلك الحموض الأمينية في مياه المحيط العالمي، وربما أدى تجمّعها في بركة صخرية دافئة على حافة المياه، بحيث يقوم المد بملئها ثم تزداد كثافتها بالبخر، إلى تشكل حساء أولي راح يزداد تركيزه تدريجياً مع الزمن، مما زاد فرص التجمعِ العشوائي للحموض الأمينية في بوليمرات أكثر تعقيداً على صورة قطرات من البروتينات الفردية البسيطة. وربما تجمعت هذه القطرات في حبيبات غروية شكلت بالتدريج بنيةً تتبادل التأثير والتأثّر مع البيئة الخارجية، وأدى تطور هذه الحبيبات الغروية إلى تشكل الفراغات والمكونات الخلوية المتخصصة،

التي تحـوَّرَتْ بدورها إلى الخلية الحية القادرة على الانقسام.

ولكن كثيراً من العلماء الآن باتوا يعتقدون أن الجو البدئي لـلأرض، كـان مكوناً مـن أوكسيد الكربون والنتروجين فقط، فهو لم يكن مختزلاً بالقدر الذي كان متوقعاً، وبالتالي فإن شروط التجربة المجراة ربما لم تتحقق في جو الأرض، مما يجعل فرص تكوّن الحياة من ذاك الحساء البدئي أضعف بكثير مما كان يُظَنّ. ومع هذا فقد تم اكتشاف مناطق على الأرض تتوفر فيها هذه الغازات المختزلة، مما يجعلها أماكن محتملة لتوفير المواد اللازمة للحياة، وسوف نأتي على شرحها في فقرة نظرية فوهات البحار العميقة.

**٢- نظرية عالم الطين:**

اقترحها الأسكتلندي كيرنس- سميث، ووفقاً لهذه النظرية فإن الطين يتكون من مجموعة معقدة من المركبات، التي تحوي الحديد والسيليكون والأوكسجين والكالسيوم وعناصر أخرى، وهو يتخذ تشكيلات من البنى البلورية الغريبة. وعندما تنفصل قطعة منها

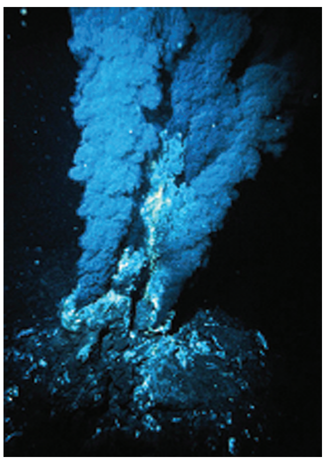
يمكن لها أن تقوم بدور قالب لنمو جديد يكون صورة من صور النسخ، لكنه لا يبلغ مرتبة الحياة. وبعض هذه التشكيلات البنيوية تستطيع أن تستخلص موادَّ لتناميها من تشكيلات أخرى في المحلول الطيني، وبعضها يملك شحنات كهربائية ساكنة على سطحها تستطيع بها جذب ذرات الكربون من الحساء البدائي لتدمجها معاً، وقد تكون هذه البنى الطينية المدهشة قد قامت في مراحل مبكرة بدور وحدات نسخ أولية سابقة للحمض النووي DNA، لتكون هي التي أطلقت مسار التطور، ثم ليجيء الـ (د.ن.ا) فيما بعد ويحل محلها.

**٣- نظرية فوهات البحار العميقة:**

لم تتشكل الحياة وفق هذه النظرية على السطح، بل تشكلت في أعماق البحر. وهنالك مكانان محتملان لهذه العملية هما:

**أ- المدخنات السود black smokers**: وهي فتحات مائية حرارية في قاع البحار اكتشفت منذ سبعينيات القرن العشرين. تقع هذه الفتحات على حيود وسط

المحيط mid-ocean ridges، وهي سلسلة البراكين التي تتداخل مع المواقع التي تتباعد فيها الصفائح التكتونية بعضها عن بعض، ففي بعض هذه الأعماق، كصدع خوان دي فوكا في المحيط الهادي، تسللت الماغما عبر وشاح الأرض لتتسلل المياه عبر الشقوق التي تركتها الماغما إلى العمق، حيث تسخن إلى ما يقرب من ٤٠٠ درجة مئوية، ثم تخرج من جديد إلى قاع البحر، حيث تبرد الكبريتات الفلزية المنحلة الكبيرة التي أتت من جوف الأرض، كي تترسب بشكل تدريجي مشكّلة سحباً خليطة تبدو مثل دخان متلاطم أسود، وتتجمع الكبريتات الفلزية أعلى الفتحات لتتشكل منها مداخن يزداد ارتفاعها باطراد، حتى يصل ارتفاع بعضها إلى نحو ٤٠ متراً.



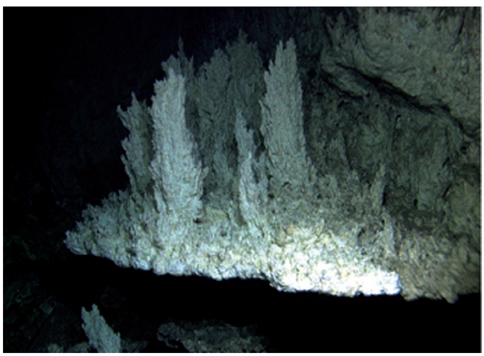
مدخنة سوداء

وتكون المياه عند تلك الأعماق الكبيرة في المحيط قارسة البرد ومظلمة، وتقع تحت ضغط كبير، لكن تيار الماء الساخن الخارج من جوف الأرض، يعكّر صفو تلك البيئة الراكدة، ويتيح الفرصة لظهور أشكال دنيا من الحياة، حيث تكون الحياة عند هذه الأعماق محمِيّة من تقلبات السطح والإشعاع المؤذي وقصف المذنبات.

واليوم تشكل هذه الأعماق موطناً لكائنات عضوية تكيفت مع بيئتها، مثل الديدان الأنبوبية الضخمة الحمراء الرأس، التي تفتقر إلى كل من الفم والجوف المعوي، وتحيا من خلال رابطة تعايشها مع بكتيريا توجد في داخلها، تستهلك غاز كبريت الهيدروجين السام الصادر عن هذه الفتحات. فالكائنات في هذا الوسط تعيش دون ضوء، وتستخلص طاقتها من الغازات الكبريتية، وهي كائنات محبّة للحرارة، ولا تقوى على الحياة في درجات أخفض من ٨٠ درجة مئوية.

**ب- الحقل المائي الحراري للمدينة المفقودة The Lost City Hydrothermal Field**: وهو حقل من الينابيع الحارة تحت سطح البحر على شكل أعمدة

يصل ارتفاعها إلى ٦٠ متراً فوق مستوى قاع المحيط من الحجارة البيضاء، تم اكتشافه في شهر كانون الأول من عام ٢٠٠٠م تحت سطح المحيط الأطلسي الشمالي، على بعد ١٥ كم غرب حدود الصفائح التكتونية في حيد وسط الأطلسي. ولا تزيد درجة حرارة الماء عند هذه الينابيع عن ٩٠ درجة مئوية. وتتميز سوائل المدينة المفقودة بأنها ليست حمضية مثل المدخنات السوداء بل قلوية، وتزخر بالكالسيوم الذي تنجم عنه كربونات الكالسيوم، فيشكل المداخن البيض العملاقة.



الحقل المائي الحراري للمدينة المفقودة

تتوفر في الفتحات الحرارية المائية للمدينة المفقودة الغازات المختزلة التي أشرنا إليها في فقرة نظرية

الحساء البدائي، مما يجعلها مكاناً محتملاً لإنتاج الميتان ومركبات عضوية بسيطة وحتى أحماض دسمة معقدة، وهي مكونات ضرورية للأغشية الخلوية. وقد بيّن الكيميائي برسكوروسكي وزملاؤه عام ٢٠٠٨م، أن السوائل الحرارية المائية الحرارية في المدينة المفقودة، تحوي مركبات عضوية بسيطة مثل الميتان والإيتان والبروبان. وأظهرت دراسات أخرى توفر مواد عضوية حمضية بسيطة مثل الفورمات والخلات، مما يؤكد أن هذا الوسط المختزل قد يدعم التفاعلات الكيميائية الضرورية لتكوين مركبات عضوية لازمة للحياة.

وقد أنتجت الحياة الأرضية، في مرحلة مبكرة للغاية من تاريخها، بدائيات النواة وحقيقيات النواة والبكتيريا، وذلك في الأحقاب التي كانت الأرض تفتقر فيها إلى الثبات القاري الذي تمتلكه الآن. وفي تلك الآونة كانت البيئات الوحيدة الثابتة توجد في المحيطات العميقة. وقد ذكرنا سابقاً أن أهم شروط الحياة هو قدرة الجزيئات الكبيرة على تنظيم نفسها في سلاسل طويلة. وتوفّر حوافّ وقيعان البرك والأحواض المدّية أماكن ممتازة لهذه الجزيئات، حيث تتعرض هذه الأحواض basins لدورات متتالية من التجفيف، وإعادة

الامتلاء فتنزع إلى تنظيم الجزيئات في بنى شبيهة بالسلاسل الطويلة. وكذلك توجد في أعماق المحيطات أوعية الحمأ البركاني التي توفر إمكان جريان الماء فوق سطح صلب، حيث يلتقي بكثير من الحبيبات الصغيرة التي تحدث فيها التفاعلات الكيميائية بسهولة أكبر. لكن هذه الأماكن تفتقر إلى دورات التبخر، وإعادة البلل rewetting التي تساعد على تنظيم الجزيئات طويلة السلسلة على حواف البرك والأحواض في كل مرة يجف فيها الماء.

**٢- بعيداً عن الأرض:**

القاسم المشترك بين هذه النظريات هو فكرتها المتعلقة بالأصل غير الأرضي للحياة، فالحياة أتت إلى الأرض من أماكن بعيدة عنها، لكنها تختلف في رأيها حول هذا الأصل. فنظرية التبذر الشامل ترى أن بعض الأحياء الدقيقة يمكنها أن تنتقل بين الكواكب، لتخضع، إذا ما وقعت على كوكب ملائم، لعملية نمو وتطور. بينما ترى غيرها أن المواد الأوليَّة فقط اللازمة لتكوّن الحياة، تشكّلت بعيداً عن الأرض في ظروف معينة، ثم وصلت إلى الأرض أو إلى غيرها من الكواكب الملائمة

لتطور الحياة لتبدأ سيرورة الحياة عليها. أما نظرية البذور الكونية الموجهة فتُعَدُّ أكثرها تطرفاً، حيث ترى أن كائنات حية عاقلة متطورة أتت بالحياة إلى كوكب الأرض، وإلى غيره من الكواكب الملائمة بشكل مقصود.

وسنحاول التعرض لهذه النظريات بشيء من التفصيل المبسط.

### ١- التبذر الشامل **Panspermia**:

كان قدماء الفلاسفة يرون أن الحياة لا يمكن أن تكون قد خلقت من مادة غير حية، وأن هذا الافتراض يبدو أمراً أقرب إلى السحر. لهذا فضل بعضهم فكرة وصول أنماط حية موجودة في مكان آخر بعيد عن الأرض إلى الأرض. فالفيلسوف اليوناني أناكساكوراس الذي عاش قبل ٢٥٠٠ سنة، وضع فرضية سماها باليونانية پانسپيرميا، أي «جميع البذور» تنص على أن الحياة كلها، بل جميع الأشياء، خُلِقت من بذور بالغة الصغر تغشى الكون.

واقـترح الكيميائي السويدي برسيفال لويل عام ١٩٠٣م أن بعض الأحياء التي يمكنها التحوصل داخل أبـواغ spores، يمكنها أن تسافر عبر الفضاء بين الكواكب، وحتى عبر الفضاء بين النجوم. فإذا صادف وسقطت هذه الأبواغ على كوكب ذي بيئة مناسبة، فإن هذه الأحياء تنشط وتتطور إلى مجموعة جديدة من الكائنات الحية. وبناء على ذلك فإن أي كوكب تتوفر فيه شـروط معينة وتتهيأ له الفرصة لوصول هذه الكائنات الحية إليه، سرعان ما تسكنه هذه الحياة العضوية، وبناء على ذلك أيضاً فإن الكائنات الحية الموجودة في جميع الكواكب ذات قرابةٍ فيما بينها.



وابل شهبي يتساقط

على الأرض

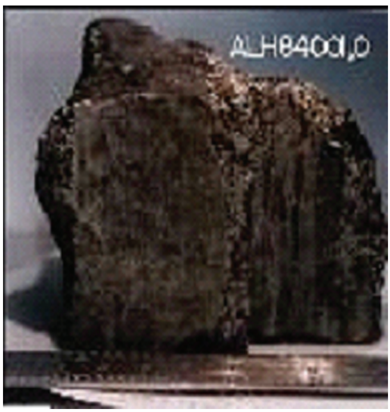
وقد بقيت هذه الفكرة المسماة بالتبذر الكوني الشامل مهمَّشةً، إلى أن قفزت مجدّداً إلى دائرة الضوء والاهتمام مع إذاعة أخبار الحجر النيزكي **ALH84001** الذي وصل إلى الأرض من المريخ، ويُعتقَد أنه يحتوي على آثار قديمة لكائنات حية.

ففي عام ١٩٨٤م كانت الجيولوجية روبرتا سكور تقوم بمسح للحقل الجليدي فاروسترن Far Western بمنطقة ألان هيلز Allan Hills في القارة المتجمدة الجنوبية. فعثرت على صخرة غير عادية، واقتلعتها من سهل جليدي لونه ضارب إلى الزرقة عمره ١٠٠٠٠٠ سنة تعصف به الرياح، ولون هذه الصخرة رمادي ضارب إلى الخضرة، ووزنها ١،٩ كغ وتشبه حبة البطاطا.

قام العلماء في مركز جونسون الفضائي التابع لوكالة ناسا، وفي جامعة ستانفورد بفحص هذه الصخرة، وأكدوا أنها نيزك أتى من المريخ وله تاريخ مثير للاهتمام، وأطلقوا عليه الرمز **ALH84001**.

بيّنت الدراسات على هذه الصخرة أنها تبلورت بعد تكوّن المريخ بوقت قصير، منذ ٤،٥ بليون سنة.

وقد اندفعت هذه الصخرة بعنف بعيداً عن كوكب المريخ، بسبب صدمة قوية أصابت الكوكب واستمرت الصخرة في رحلتها الفضائية ١٦ مليون سنة، حتى حطّت على سطح الأرض منذ ١٣٠٠٠ سنة في القارة المتجمدة الجنوبية. وقد أكد الجيوكيميائيون، الأصل المريخي، لهذا الزائر، بدراستهم لتوزّع نظائر الأكسجين والمعادن في الصخرة ولسماتها البنيوية، وكذلك من خلال مقارنتهم لها مع خمسة نيازك أخرى كانوا قد أكدوا أصلها المريخي.




أقدم صخرة مريخية تُكتشف على الأرض

طولها نحو ٢٠سم وارتفاعها ١٠ سم

وقد أظهرت الدراسة أن جدران الشقوق الموجودة داخل النيزك ALH**84001** كانت مبطّنة بكريّات تكونت من مائع مشبع بثنائي أكسيد الكربون، وقد يكون ذلك المائع هو الماء، وذلك منذ ما يتراوح بين ٣،١ و ٣،٦ بليون عام. وهذه الكريّات من الكربون ذات شكل مفلطح يتراوح قطرها ما بين ٢٠ و ٢٥٠ ميكروناً (والميكرون هو جزء من مليون من المتر). وبداخل تلك الكريات معالم مثيرة تشبه، إلى حد ما، بقايا متحجرة لميكروبات مريخية قديمة. وتظهر في الكريات حبيبات دقيقة من أكسيد الحديد وسلفيد الحديد، تشبه تلك التي تولدها البكتيريا على الأرض، وتظهر أيضاً هيدروكربونات عطرية خاصة متعددة الحلقات polycyclic aromatic hydrocarbon، غالباً ما تتواجد مع الميكروبات المضمحلة. وتم العثور أيضاً في هذا الحجر النيزكي المريخي على بُنى بيضوية الشكل، أو أنبوبية تشبه البكتيريا الأرضية المتحجرة نفسها، لكنها تختلف عنها في قياساتها، فطول هذه البنى يمتد من ٣٠ إلى ٧٠٠ نانومتر (والنانومتر هو جزء من بليون من المتر)، ويبلغ طول أكثرها إثارة للاهتمام نحو ٣٨٠ نانومتر، بينما يقع طول البكتيريا الأرضية بشكل عام بين ميكرون واحد وعشرة ميكرونات.

وتوحي أطوال البنى الأنبوبية وأشكالها بأنها قطع متحجرة من البكتيريا، أو من النانوبكتيريا nanobacteria الأدق التي تتراوح أطوالها على كوكب الأرض بين ٢٠ و ٤٠٠ نانومتراً.



جسم مقسّم إلى أجزاء يشبه إلى حد ما البكتيريا الأرضية المتحجرة، اكتُشِف في كريّة كربوناتية تكوّنت في الصخرة المريخية ALH**84001** ويبلغ طول هذا الجسم نحو ٣٨٠ نانو متراً.

وقد أثبتت بعض التجارب المتعلقة بهذه الفكرة أن بعض أنواع البكتيريا الأرضية قادرة على البقاء لفترات طويلة في صورة خاملة وجافة وغير فاعلة مطلقاً، لتعود

إلى استئناف مهامها البكتيرية بمجرد تعرضها للماء والدفء. إلا أن هذه التجارب لا تغطي حتى الآن سوى فترات قصيرة نسبياً تصل إلى بضع سنوات، وبالتأكيد لم تتم دراسة الفترات التي ستستغرقها هذه الكائنات للانتقال من كوكب إلى كوكب بعيد عنه، والتي تصل إلى آلاف أو ملايين السنين.

ومن المعروف أن الأشعة فوق البنفسجية والأشعة الكونية cosmic rays يمكنها إتلاف هذه البكتيريا الهاجعة dormant، لكنها لا تستطيع اختراق صخرة لعمقٍ يزيد على عدة بوصات، لهذا فإن نيزكاً سيّاراً كبيراً يمكنه أن يحمي الحياة الموجودة في داخله من هذه الأشعة لينقلها عبر الفضاء من كوكب إلى آخر.

ويرى العلماء أن كتلة المواد التي انتقلت من المريخ إلى الأرض أكبر بكثير من تلك التي انتقلت من الأرض إلى المريخ، لأن انتقال المواد المقذوفة من الأجسام الأبعد عن الشمس إلى الأجسام الأقرب، ومن الأجسام الأكبر كتلة إلى الأجسام الأقل كتلة يكون أسهل. لهذا فإن الاحتمال أكبر في أن تكون ميكروبات أو أسلافها قد انتقلت من المريخ إلى الأرض.

إن واحدة فقط من عشرة ملايين صخرة من الصخور المريخية التي تصل إلى الأرض تكون قد أمضت في الفضاء أقل من سنة، بينما تقضي بعض الصخور في الرحلة من المريخ إلى الأرض ملايين من السنين وهي سابحة في الفضاء.

قد لا تتعرض بعض الصخور المنفلتة من المريخ نتيجة صدمة إلى درجات حرارة عالية، بسبب قذفها من المريخ ودخولها إلى الغلاف الجوي للأرض، بحيث يمكن لكائنات حية ميكروية فيها، إن وُجدت، أن تبقى حية. ولكن هذه الكائنات ستكون عرضة إلى أخطار الرحلة بين الكوكبين، كالخلاء ودرجات الحرارة المتطرفة وأنواع الإشعاع المختلفة، مثل الأشعة فوق البنفسجية، التي يبدو من السهل جداً وقاية البكتيريا منها بطبقة من مادة معتمة سماكتها بضعة أجزاء من المليون من المتر. ومع هذا فإن الخطر الأكبر الذي يمكن أن يهدد هذه البكتيريا في رحلتها بين الكوكبين ينشأ من النشاط الإشعاعي الناتج من داخل الصخرة التي تحملها، حيث يمكن أن يحتوي النيزك السيّار على أعداد صغيرة من النوى المشعة، مثل النظائر المشعة

لليورانيوم والثوريوم والربيديوم والبوتاسيوم، ويؤدي تحلل هذه الأنوية إلى إنتاج جسيمات سريعة الحركة، كثير منها من الإلكترونات، يمكنها في النهاية قتل أي كائن حي. وهذا ما ينطبق أيضاً على النيازك التي تستغرق رحلتها ملايين السنين. أما الأحجار النيزكية التي يمكنها قطع الرحلة بين الكواكب في بضعة آلاف من السنين فقط باتخاذها لمسار مناسب، فيمكن للكائنات الحية الهاجعة في داخلها أن تظل حية رغم تأثير النوى المشعة.

**٢- قدوم المواد الأولية:**

إذا كانت نظرية التبذر الشامل تعتبر أن الحياة نفسها تنتقل بين الكواكب، فإن هذه النظرية تعتبر أن المواد الأولية المهمة اللازمة لنشوء الحياة وصلت إلى الأرض من الفضاء.

نشأت منظومتنا الشمسية من انهيار غيمة مظلمة وباردة بين النجوم، متحولة إلى قرص مدوم من غاز وغبار متقد. وقد تكونت الأرض بعد تكوّن الشمس بزمن قصير، وذلك قبل ٤،٥ بليون سنة. ورغم الاعتقاد

بأن الأرض احتوت الماء ومقومات الحياة الأخرى منذ نشأتها، إلا أن العديد من العلماء يعتقدون أن الأرض كانت عند نشأتها حارة وجافة ومجدبة.

كانت أورو من جامعة هيوستن أول من اقترح نظرية المصدر غير الأرضي للمواد الأولية اللازمة للحياة، وذلك في عام ١٩٦١م. ثم جاء شانغ من ناسا في إيمس ليحيي هذه النظرية في عام ١٩٧٩م. ومنذ عام ١٩٩٠م كان تشيبا من معهد البحث عن الحياة العاقلة غير الأرضية SETI في كاليفورنيا المدافع الأول عن الفكرة القائلة بأن المذنبات والنيازك الصغيرة وجسيمات الغبار بين النجوم هي التي جلبت ماء كوكب الأرض وغازاته الجوية من الفضاء.

إن معظم العلماء يرون أن حطام الفضاء أسهم في نشأة المحيطات على الأرض، حيث يرون أن مئات الأطنان من الغبار تتجرف كل يوم إلى سطح الأرض من الفضاء. ويبيّن مزيدٌ من الأدلة أن المذنبات والنيازك، إضافة إلى قيامها بنقل الماء والغازات التي جعلت كوكب الأرض صالحاً للسكنى، قد أمطرت الحساء البدائي المتوفر على الأرض بجزيئات عضوية مسبقة الصنع من

النوع المشاهَد اليوم في المنظومات الحية. وقد كشفت المراقبات الحديثة للمذنبات الشهيرة مثل هالي وهيل-بوب وهاياكوتاكي أن تلك الزائرات الجليدية زاخرة بالمركبات العضوية. كما كشفت التجارب المختبرية مثل تجربة ألاماندولا وغيرها التي حاولت أن تحاكي ظروف غيمة بين النجوم في المختبر، وفي تركيبات مختلفة يمكن أن تتكون منها هذه الغيمة، كشفت تكوّن العديد من المركبات العضوية الهامة في هذه الظروف.



أثر اصطدام نيزك بالأرض

وهكذا ربما تضمنت سيرورة بناء الحياة في قاع البحر أو في أي مكان آخر مفترض، مكونات من مركبات قادمة من خارج الأرض، كانت تنهمر على الأرض والمحيط من الفضاء. وقد يكون وجود هذه المواد قد منح الحياة ميزة تطورية أكبر لكونها قادرة على إنجاز كيمياء الحياة بكفاءة أكبر من المواد المتوفرة على الأرض. ومع مرور الزمن صار ذاك التفاعل البسيط مدفوناً في عمق ما ندعوه اليوم تفاعلاً كيميائياً حيوياً منظّماً بالبروتين.

# جليد... ولكن؟

تحدثنا في السطور الماضية عن طريقة وصول مواد الحياة الأولية إلى الأرض مقذوفة من الفضاء بشكل مثير، وفي هذه السطور التالية سنتحدث عن الطريقة التي تكونت بها هذه المركبات للمرة الأولى في الفضاء بين النجمي.

إن الماء السائل كما هو معروف هو مهد الحياة، إذ يمكن أن يعدّل بنيته ليتلاءم مع المتطلبات الفيزيائية والكيميائية للكائنات الحية، من خلال إعادة التوزيع السريعة والمستمرة للروابط الهيدروجينية فيه. وهكذا يمكن للكائنات الحية (المتعضيات) أن تستقر في ينابيع الماء الحار، أو في الماء شديد الملوحة أو الحموضة، لكنها تنفر من الماء في حالته الصلبة (الجليد) لأنه يدمرها. إن جزيئات الماء في بلورات الجليد الموجود على الأرض والذي يسمى بالجليد البلوري، تكون مرتبة ترتيباً صارماً يؤدي إلى طرد الشوائب وتمزيق النسيج الحيوي.

لكن الدراسة المتعمقة لسلوك الماء في درجات حرارة قريبة من الصفر المطلق، (أي ٢٧٣ درجة سيليزية تحت الصفر)، وهي الدرجة التي تتوقف عندها جميع الحركات الجزيئية؛ كشفت أن تغيرات دقيقة في بنية الجليد هي التي نشأ عنها أول اتحاد للكربون والنتروجين وعناصر بيولوجية أساسية أخرى. وقد أكدت الدراسة للخاصيات الغامضة والمدهشة للجليد بين النجمي، أن هذا الجليد ليس له بنية بلورية، ولهذا سُمّي بالجليد اللابلوري amorphous.

إن هذا الجليد اللابلوري بين النجمي يشبه الماء السائل في قدرته على توليد مركبات عضوية، لأن إحدى خاصياته المثيرة للاهتمام، هي قدرته على أن يسيل عند تعرضه للإشعاع الموجود في الفضاء، مع أن درجة حرارته لا تزيد إلا قليلاً على درجة الصفر المطلق. وهكذا تتشكل هذه المواد العضوية في الفضاء لتقوم النيازك والمذنبات بنقلها إلى الأرض.

**٣- البذور الكونية الموجهة:**

هذه النظرية كما أشرنا هي الأكثر تطرفاً، فهي ترى مثل نظرية التبذر الشامل، أن الحياة وصلت إلى

الأرض من الفضاء، ولكنها تتميز عنها في قولها إنَّ هذا الوصول كان مقصوداً، إذ قامت بإيصالها إلَى الأرض كائنات حية متطورة.

اقترح هذه النظرية عالمان بمعهد سولك بمدينة سان دييجو الأمريكية، وهما فرانسيس كريك وليزلي أورجيل، وتفترض هذه النظرية أن بذور الحياة على الأرض لم تبدأ هنا، بل جاءت من مكان آخر في هذا الكون. هو بالتأكيد كوكب آخر وصلت فيه الحياة إلى شكل متقدم للغاية، قبل أن تبدأ على كوكب الأرض، وأن حضارة متقدمة أرسلت بذور الحياة على شكل كائنات دقيقة في سفينة فضاء من نوع ما. حيث ترى هذه النظرية أن الكائنات الحية الدقيقة ظهرت على الأرض فجأة دون أي شواهدٍ عن نُظُم قبل حياتية، أو كائنات حية أولية جداً. وتفترض أن هذه النظم قبل الحياتية وهذه الكائنات الأولية ستكون موجودة على الكوكب الأصلي الذي نشأت عليه، لا على كوكب الأرض. وترى هذه النظرية أيضاً أن ظهور الحياة على الأرض، يستوجب ظهور أنواع عديدة متميزة، وإن كانت تربطها قرابة بعيدة، بينما يظهر أن أقدم الحفريات المعروفة حتى الآن تشبه الطحالب الخضراء

المزرقّة، وتستخدم جميعُ صورِ الحياة الشفرة الوراثية نفسها، وليس عدداً كبيراً من الشفرات المختلفة التي ربما كانت متشابهة إلى حد ما، والتي يمكن أن يتوقع المرء وجودها، إذا كانت الحياة قد نشأت في مواقع متباينة من الأرض وفي أوقات مختلفة. وكذلك يعود تاريخِ الحياة – حسب هذه النظرية – إلى وقت مبكر نسبياً في تاريخ حياة الأرض، وهو وقت مبكر لدرجة تتعجب معها هذه النظرية من وجود كائنات كهذه في هذه المرحلة المبكرة مكتملة إلى هذا الحد. إضافة إلى أن كثيراً من الكائنات الحية الأرضية لا تتطلب فقط الكربون والهيدروجين والأكسجين والنتروجين، وهي الذرات الأساسية الموجودةٍ في جميع صور الحياة على الأرض، بل تتطلب أيضاً ذرات أخرى يندر وجودها على الأرض، مثل الكروم والنيكل والمولبيدنم. فإذا وجد العلماء كواكب توجد فيها هذه الذرات بكميات أكبر بكثير مما هي عليه على الأرض– وهو أمر لا يزالٍ مجرد نظرية حتى الآن – فقد يكون هذا ضرباً من البصمات الكونية التي تكشف عن المكان الذي أرسل بالحياة إلى كوكبنا.

# بحثاً عن جذور الحياة
# على الأرض

## الغلاف المختزل والغلاف العضوي

رغم اختلاف وجهات النظر حول هذا الموضوع، إلا أن الأرجح أنٍ الغلاف الجوي البدئي على الأرض كان مختلفاً تماماً عما هو عليه الآن، حيث ساد الهيدروجين في الغلاف الجوي البدئي، وكان الأوكسجين في مستويات دنيا، وهذا ما يُعرَف بالغلاف الجوي المختزل.

ولم تزد نسبة الأوكسجين في الغلاف الجوي إلا بعد ظهور الحياة وعملية التركيب الضوئي، حيث أخذت الطحالب بعد أن اتّسع انتشارها تمدّ الجو بكميات كبيرة من الأوكسجين مستمدة طاقتها من أشعة الشمس. حيث تتغذى أبسط الكائنات الحية بالماء والنتروجين وثنائي أوكسيد الكربون، وتطرح الأوكسجين في الجو نفاية.

ويُعتقَد أن الأوكسجين نتج بسبب قيام الضوء فوق البنفسجي بتحليل الماء إلى عناصره، حيث يهرب الهيدروجين الخفيف من جاذبية الأرض الأضعف من أن تتمكن من الاحتفاظ به، ليفلت إلى الفضاء، بينما يتجمع الأوكسجين الباقي.

وهكذا، وفي ظل الغلاف الجوي المختزل، فالأغلب أن الماءِ فوق الأرض البدئية كان يحوي خليطاً مخفّفاً من الجزيئات العضوية الصغيرة، يمكن أن يُستخدم كثيرٌ منها كمادة خام لأقدم النظم الحية، وهذا ما يُعرَف بالحساءِ العضوي.

وفي عام ١٩٥٣م قام ستانلي ميلر وهارولد يوري بتجربة دعمت افتراضَ اختلاف الغلاف الجوي البدئي عما هو عليه الآن، واحتمالَ نشوءِ الحياة في مثل ظروفه، فقد حاولا استنساخ الظروف التي كانت موجودة على الأرض قبل أربعة بلايين سنة، وذلك في المختبر، ثم راقبا تجربتهما لبضعة أيام، فأنتجت طمياً sludge مكوناً من كثيرٍ من الجزيئات المختلفة، ومنها – وبأعداد كبيرة نسبياً – أحماض أمينية، حيث تُعتبَر الأحماض الأمينية القوالب البنائية للحياة الأرضية، حيث يرتبط بعضها ببعض لتكوين جزيئات البروتين الأكبر حجماً بكثير، إذ يحتوي الواحد منها على بضع مئات من جزيئات الأحماض الأمينية، وقد أشرنا إلى هذا بتفصيل أكبر في الفقرة المعنونة «عمالقة الحياة».

ولا بد من الإشارة إلى أن ستانلي ميلر في عام ٢٠٠٠م أي بعد ما يقرب من ٥٠ عاماً من تجاربه المذكورة آنفاً، قد أجرى تجارب مشابهة عثر من خلالها على بوادئ جزيء الـ (ب. ن. ا) الذي أشرنا إليه سابقاً في فقرة عمالقة الحياة أيضاً.

## أقدم العلامات

المقصود بالعلامات في عنوان هذه الفقرة هو العلامات التي تركتها الكائنات الحية، أو آثارها التي وُجِدت على الأرض في فترات مختلفة من عمر هذا الكَوكب. ومن الطبيعي أن يكون العثور على هذه العلامات أصعب كلما كانت الفترات المدروسة أكثر قدماً، وذلك لأسباب عديدة:

أولاً: لأن الكائنات الحية كانت في تلك الفترة أقل تعقيداً وتمايزاً وأصغر حجماً.

وثانياً لأن العودة في الزمن إلى عصورٍ أقدم يجعل تمييز دلائل هذه الحياة من قبورها أمراً أشد صعوبة، وأكثر عرضة للشك، بسبب عوامل الطبيعة والحركة الدائبة للصفائح التكتونية، التي طحنت هذه السجلات خلال أربعة بلايين من السنين.

إن مستحاثات عظام الديناصورات، والأوراق المفصصة للسراخس المدارية، وآثار أنفاق الديدان

المحفورة في قاع البحر الموحل، هي آثار تترك لنا دليلاً قاطعاً على وجود مخلوقات ما قبل التاريخ في تلك العصور السحيقة.



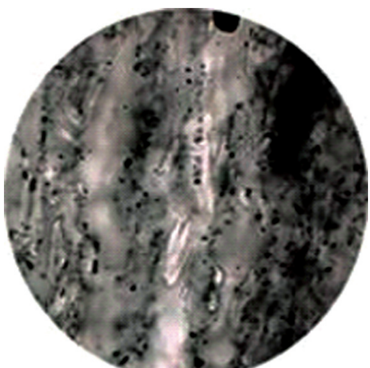
آثار عظام ديناصور



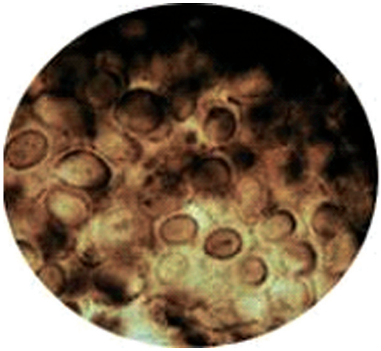
هيكل عظمي لديناصور

إلا أن تعاقب طمر الصخور المحتوية على مستحاثات الخلايا التي وُجدت في الفترة المعروفة بالدهر السحيق، أي قبل ٢،٥ بلَيون سنة، وتعاقب ارتفاعها إلى سطح الأرض وكأنها تُطهى تحت الضغط، جعلت العثور على مستحاثات هذه الخلايا في الصخور القريبة من سطح الأرض في زمننا هذا أمراً صعباً.

لهذا يلجأ الجيولوجيون إلى الاعتماد على علامات أخرى للحياة تدعى البصمات البيولوجية biosignatures، ومن هذه البصمات علامات دقيقة مثل لطاخات كربون ذات تراكيب كيميائية محرّفة skewed تنفرد بها البيولوجيا.



الكربون الخفيف



آثار مجهرية غنية بالكربون

وقد تمكن الجيولوجيون باستخدام المجاهر عالية الأداء من اكتشاف أحافير واضحة في الصخور الأرضية لها عمر مذهل يبلغ ٣،٤٦٥ بليون سنة، وهي الفترة التي بدأت فيها الجزيئات اللاعضوية بالتفاعل اصطفائياً مع بيئاتها المحيطة من خلال التضاعف (النسخ) الذاتي الأول، محدِّدة بذلك أولى لحظات الحياة.

وفي عام ١٩٩٦م ظهرت تقانات جديدة لقياس التغيرات الطفيفة في التركيب الكيميائي لعينات الكربون، وهذه التقانات أظهرت أن الحياة قد وُجدت في وقت مبكر أكثر من التقدير السابق بما لا يقلَ عن ٣٦٥ مليون سنة.

## شكوك

إن أقدم سجلّين جيولوجيين للحياة على الأرض موجودان في غرينلاند وفي أستراليا، ولكن موجة من الأبحاث أخذت تلقي بشكوك جدية حول التفسيرات المقدَّمة لهذين السجلين، وأهم تلك الشكوك يتعلق بالنقطتين التاليتين:

أ- تشير التقديرات الجيولوجية الجديدة إلى أن تلك الصخور التي تم العثور فيها على تلك البصمات البيولوجية، قد تكوّنت في بيئات لم يكن في مقدور الحياة أن تزدهر فيها.

ب- يرى بعض الباحثين أن الكيمياء اللاحياتية lifeless chemistry يمكنها محاكاة الآثار الخاصة للكربون، مما يجعل تلك المعلومات المفتاحية عديمة الجدوى كبصمات بيولوجية. وهذا يشبه وجود عدد من الأحجار فوق بعضها في جزيرة مجهولة، فيستدل أحد الواصلين إليها من خلال هذه الأحجار على وجود إنسان ما في هذه الجزيرة، قام بوضع هذه الأحجار على

هذا الشكل، بينما يرى شخص آخر أن وجودها بهذا الشكل هو من عمل الطبيعة، مما يلغي التأكيد حول وجود إنسانٍ ما، ويجعل من الضروري العثور على أدلة أكثر إقناعاً للتأكد من وجود البشر على الجزيرة.

## في غرينلاند

في عام ١٩٩٦م ألمح الجيوكيميائي مُويّزس إلى ما يوحي بوجود آثار حياة داخل الصخور البيضاَء المشوّهة، والتي اعتبِرت أكثر الأدلة قدماً، وأكثرها مثاراً للجدل حول بزوغِ الحياة على الأرض، وذلك في نتوء صغير من الأرض بغرينلاند يقع في الركن الجنوبي الغربي من جزيرة أكيليا Akilia الباردة الجرداء، وتعود هذه الأدلة إلى ٣،٣٨ بليون سنة.

وقد استطاع مويزس بوساطة المجهر الإلكتروني الماسح تمييز لطاخات سوداء من الغرافيت المغلف ببلورات قاسية من الأباتيت apatite، والغرافيت هو

معدن كربوني صرف يتشكل أحياناً عند تسخين المادة العضوية، ويُعتقَد أن الأباتيت قام بوقايته من التحولات الشديدة التي تعرضت لها الصخور. وقد عثر الباحث أيضاً على نسب شاذة وفريدة من نظائر دزينتين من اللطاخات التي أظهرت دراستها المفصلة أنها أُغْنِيَت بأخف نظائر الكربون وأكثرها شيوعاً وهو الكربون ١٢، حيث تقوم المتعضيات الحية باستعمال ثاني أكسيد الكربون في نشاطها الحيوي، وبسبب ميلها إلى الاقتصاد والتدبير فهي تلجأ إلى نظير الكربون الأخف لتستخدمه بفاعليَّة أكبر من استعمالها للكربون ١٣ الذي يحوي على نيوترون neutron إضافي في نواة كل ذرة منه. وهذا الميل لاستخدام الكربون ١٢ يجعل هذه المتعضيات تضم من الكربون ١٢ أكثر بنحو ٢ إلى ٣ في المئة مما يحويه غاز ثنائي أكسيد الكربون الذائب في مياه المحيط، ويجعل اكتشاف مثل هذا الفرق دليلاً على أن هذه المتعضيات كانت موجودة.

وقد استنتج مويزس وزملاؤه من الباحثين أن الصخور التي اكتشفوا فيها الغرافيت قد نشأت في حوض محيط، حيث شكّل الرمل والحبيبات الأخرى،

بما فيها خلايا المتعضيات البحرية، طبقات من الصخور الرسوبية الغنية بالكوارتز، وهذه البيئة هي بيئة مناسبة لتشكّل الحياة. لكن علماء آخرين رأوا في عام ٢٠٠٢م أن استنتاج مويزس وغيره حول كون الصخور رسوبية قديمة غير صحيح، ورأوا أنها نتاج صخور نارية خضعت لعملية تحوّل خاصة يمكنها إنتاج الغرافيت من مصادر كربون لاحيوية nonbiological ، وهو ما يعيدنا إلى النقطة الثانية التي أشرنا إليها في فقرة (شكوك).

وقد وجد روزنيك عام ١٩٩٩م البصمة البيولوجية للكربون الخفيف light carbon في جزء من غرينلاند أيضاً يدعى إيسوا Isua في رسوبيات قديمة اتفق الجيولوجيون على أنها أقدم من ٣،٧ بليون سنة. وبسبب الاتفاق على الطبيعة الرسوبية للصخور التي قام روزنيك بدراستها في إيسوا، لم يلق اكتشافه تحديات جدّيّة كالتحديات التي لقيها اكتشاف مويزس.

## في أستراليا

أما في أستراليا فقد عُثر على البكتيريا الزرقاء (السيانوبكتيريا cyanobacteria) المنتجة للأوكسجين في صخور عمرها نحو بليوني سنة، وهذه الأحافير الميكروية لا تحتمل الجدل.

وقد عُثر في كندا أيضاً على أحافير ميكروية تشمل السيانوبكَتيريا، ويعود عمرها إلى بليوني سنة، وهي أيضاً من المكتشفات التي تلقى القبول لدى العلماء.

وفي عام ٢٠٠١م اكتشفت أمثلة مقنعة لما يسمى أحافير جزيئية molecular fossils في صخور عمرها ٢،٧ بليون سنة، والأحافير الجزيئية هي بقايا جزيئية عضوية معقدة من جُدُر خلوية متحجرة، كانت فيما مضى مكونات دهنية لأغشية خلوية شبيهة بما تحويه حالياً الخلايا الحية. وهي أيضاً من الأدلة التي لا تلقى خلافاً حولها، على الخلايا حقيقية النوى والسيانوبكتيريا المنتجة للأوكسجين.

وكان سكوف قد اكتشف في عام ١٩٩٣م في أرض داون أندر Down Under على الساحل الغربي لأستراليا،

ما يُعتقد بأنه أقدم علامة حياة، وذلك في حجر صوان أبكس Apex، وقد وُجد هذا الحجر بين سَيلَين من الحمم البركانية التي قُدِّر عمرها بدقة تراوح بين ٣،٤٦ و ٣،٤٧ بليون سنة، حيث احتوى هذا الحجر على ما يوحي بوجود لطاخات من الغرافيت التي سمّيت جدائل شبه خيطية لخلايا حية سابقة، إضافة إلى الغنى الواضح لهذه اللطاخات بالكربون الخفيف، والوجود المجاور لأكوام متمعدنة من الجدائل البكتيرية والتي تسمّى بالرقائق الكلسية الطحلبية الأحفورية fossilized stromatolithes وهي تشكّلات أنشأتها مستعمرات من الميكروبات. وكغيره من الاكتشافات في هذا المجال فقد وُجِّهت إليه العديد من الانتقادات، ففي عام ٢٠٠٢م توصل باحثون إلى أن حجر الصوان الذي درسه سكوف لم يترسب في قاع البحر الضحل المشمس كما افترض سكوف على اعتبار أن الأحافير التي اكتشفها كانت من السيانوبكتيريا المُحبّة للضوء، بل ترسّب عميقاً في قاع البحر المظلم، فاقترح هؤلاء أن تلك البنى الميكروسكوبية المكتشفة في حجر الصوان لم تكن سوى أشياء عديمة الحياة lifeless artifacts.

وفي شمال غربي أستراليا في صخور لها من العمر ٣،٤٧ بليون سنة، اكتُشفت بصمة بيولوجية أخرى هي الكبريت الخفيف light sulfur، حيث تحتوي هذه الصخور على فائض من الكبريت ٣٢ الذي يميّز المخلفات الناتجة من البكتيريا المعروفة باستعمالها للكبريت مصدراً للطاقة، مقارنة بالكبريت الأثقل ٣٤.

لكن الجدل يظهر من جديد حول إمكان تكوّن هذا الكبريت الخفيف نتيجة تفاعلات لا بيولوجية.

ورغم صعوبات البحث والشكوك التي تحيط بنتائجه تستمر الجهود للعثور على أقدم آثار الحياة على الأرض، مما سيُغني معرفتنا بطبيعة الحياة نفسها وبكيفية نشوئها وبتاريخ الحياة على كوكب الأرض، وسيُغني معرفتنا بأنفسنا أيضاً.